MATERIJALI ZA GRAĐENJE PUTEVA

Predavanje 7.1

Prof.Dr Dragan Mihajlović

Tlo je materijal koji se sastoji od tri komponente (faze):

- čvrstih čestica
- komponente tečnosti i
- gasovite komponente u porama izmedju čestica.

Ponašanje takvog materijala je vrlo kompleksno, radi čega je neophodno proučiti karakteristike svake faze, a zatim i njihovu interakciju.

Čvrste čestice tla

Osnovne karakteristike čestica tla su:

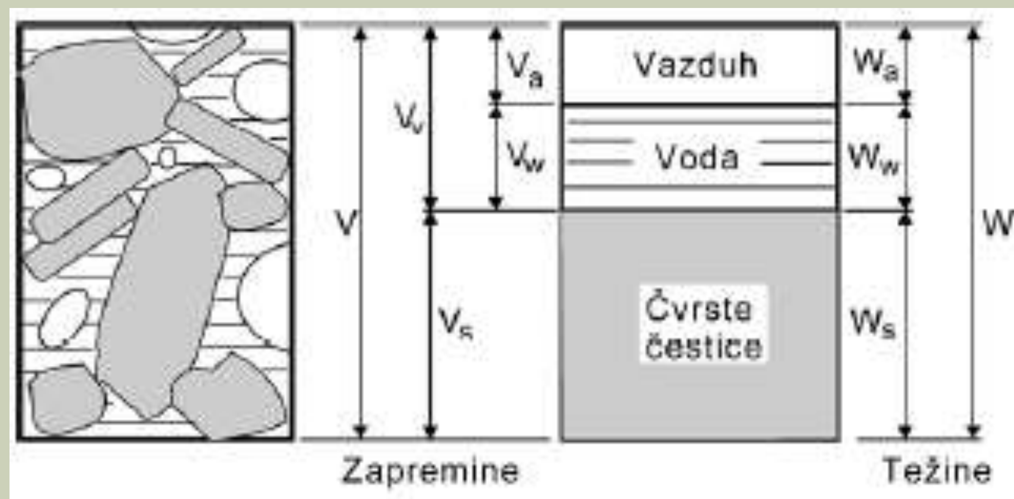
- *gustoća čestica tla* ili masa jedinice zapremine čestica tla (nekad se to krivo zvalo "specifična težina"),
- *granulometrijski sastav*, što je raspodjela čestica tla po veličini, izražena u postotku mase i
- boja, oblik i mineraloški sastav čestica.

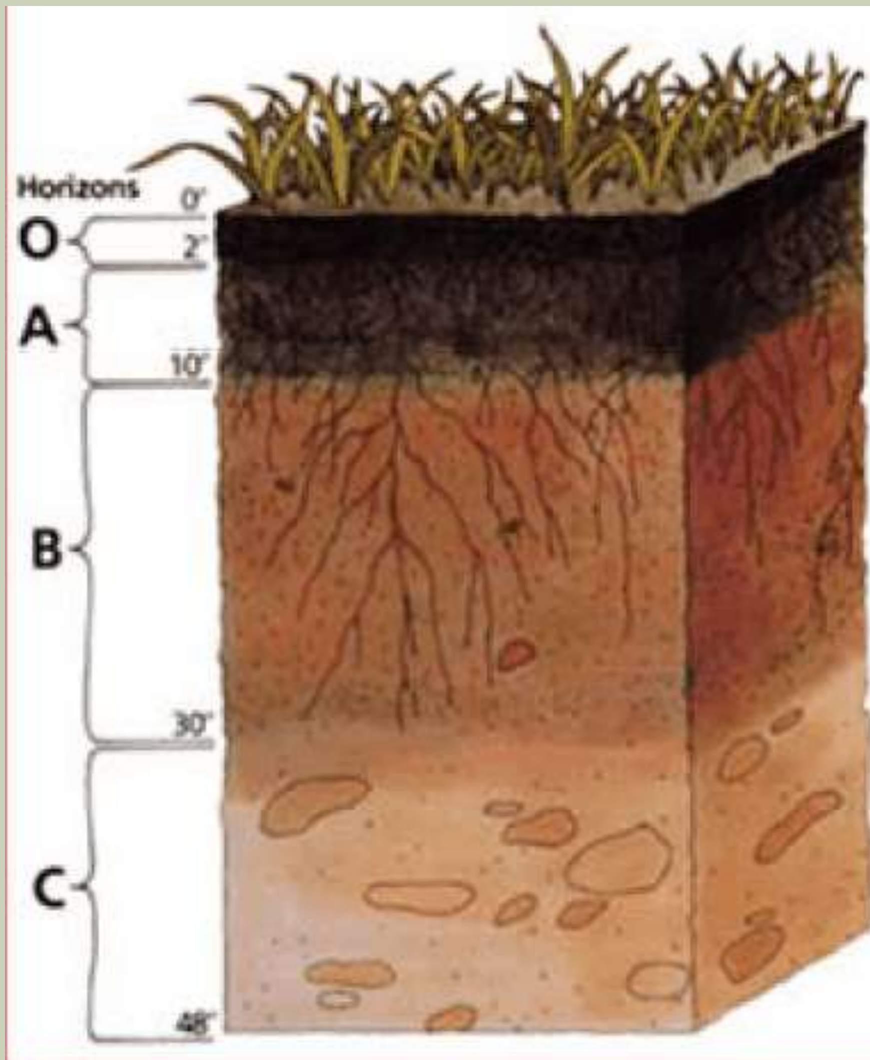
Tečnost u porama

Tečnost u porama tla je obično voda, ali može biti i nafta ili sl.

Gas u porama

O gasnoj komponenti u tlu se vrlo malo zna te se iz tog razloga u inženjerskoj Praksi najčešće posmatraju ili potpuno "suha" ili vodom zasićena tla.





O_h

A_h

E

Bt

Ck

Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu sa tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji.

Ako nije navedena niti jedna norma obavezna je primjena odgovarajućih EN (evropska norma).

Osnovno pravilo kod izbora materijala za građenje puteva je da se što više koriste materijali sa trase (lokalni materijali).

Materijali za građenje puteva se dijele u četiri glavne grupe:

PRIRODNO TLO	za donji stroj
PRIRODNI KAMEN	za donji stroj, podlogu, zastor i objekte
VJEŠTAČKI KAMEN	za podlogu, zastor i objekte
VEZNA SREDSTVA	za podlogu, zastor, stabilizacije i objekte

Inženjerske osobine koje su od primarnog interesa u građevinarstvu su *zbijenost, čvrstoća, vodopropusnost i ugradljivost.*

PRIRODNI MATERIJALI

Prema načinu postanka ili proizvodnje materijali se razvrstavaju na:

- Prirodno usitnjeni materijali
  - Dobijaju su iz riječnih korita, sprudišta, pozajmišta i koriste se neprerađeni – u prirodnom stanju – ili se prosijavanjem odvajaju frakcije željene veličine
- Djelomično drobljeni materijali
  - Proizvode se propuštanjem kroz drobilišna postrojenja prirodnog materijala iz koga je prethodno izdvojen pijesak
- Drobljeni materijali
  - Proizvode se drobljenjem krupnih zrna izdvojenih iz šljunkovitih materijala ili kamenog materijala iz kamenoloma. Dijele se na materijale sa kontinualnom ili diskontinualnom granulacijom
- Mljeveni materijali
  - Dobijaju se sitnjenjem ili mljevenjem drobljenog kamenog agregata u specijalnim mlinovima

Postoji niz različitih klasifikacija tla.

Klasifikacija treba omogućiti da se pomoću jednostavnih ispitivanja svrstaju tla u grupe (klase) unutar kojih će ponašanje tla biti slično.
Tla se dijele prije svega na:

- **nekoherentna** ili **krupnozrna tla**, za koja vrijedi da je više od 50% mase ili težine čvrstih čestica veličine šljunka ili pijeska (tj. većih od 0,06 mm ili 0,074 mm, čestica koje se uglavnom vide golim okom); to su rastresita **tla, kod kojih je koheziona sila između čvrstih čestica zanemariva.**

- **koherentna** ili **sitnozrna tla**, za koja vrijedi da je više od 50% mase ili težine čvrstih čestica veličine praha **ili gline (tj. čestica koje se ne vide golim okom): to su tla kod kojih je koheziona sila između čvrstih čestica** bitna, i zbog velike specifične površine čvrstih čestica i zbog postojanja električnih sila koje vežu vodu.
- **Organska tla** sadrže organske materije – najviše raspadnuti oblici vegetacije uz humus, amorfni materijal nastao raspadanjem biljnih i životinjskih produkata.



Granulometrijski sastav, za neki uzorak tla, je raspodjela svih zrna tla po veličini, izražena u postotku mase. Postupci za određivanje granulometrijskog sastava su:

a) *sijanje* – za čestice veće od 0,06 mm;
b) *areometriranje* (sedimentiranje čestica u vodi) – za čestice manje od 0,06 mm;
c) *kombinovana analiza* – ako materijal sadrži i krupne i sitne frakcije.

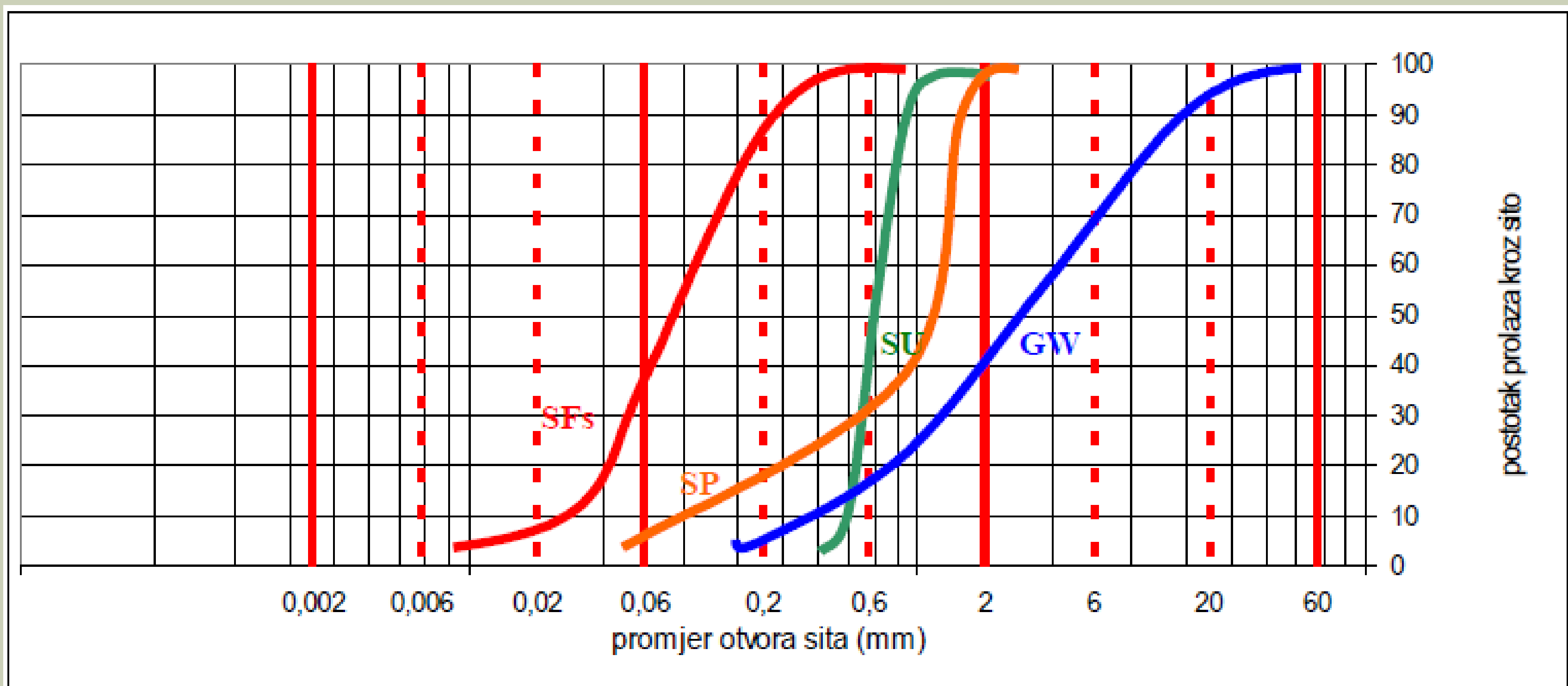
Areometriranje je metoda određivanja granulometrijskog sastava tla za materijal koji sadrži zrna manja od 0,06 mm (prah, glina). Tako sitne čestice nije moguće sijati (nisu vidljive prostim okom), veličina i postotak pojedinih frakcija određuju se indirektno, mjerenjem gustoće suspenzije u određenim vremenskim intervalima.



Klasifikacija tla – nekoherentnia ili krupnozrna tla

Kako su nekoherentna tla uglavnom sastavljena od krupnih zrna izmedju kojih su kohezione sile zanemarive, njihovo ponašanje određeno je prije svega veličinom njihovih zrna tj. granulometrijskim sastavom. Zato se i klasifikacija nekoherentnog tla zasniva na granulometrijskom sastavu. Prije svega, razlikuju se dvije grupe prema veličini najviše zastupljenih zrna (mjereći postotak mase ili težine):

- **šljunci** (gravel, oznaka **G**) su nekoherentna tla u kojima su pretežno zastupljena zrna šljunka,
- **pijesci** (sand, oznaka **S**) su nekoherentna tla u kojima su pretežno zastupljena zrna pijeska.



Kod nas je uobičajena tzv. jedinstvena klasifikacija koja materijale dijeli prema veličini zrna, a sitnozrnate još i prema plastičnosti.

Za nju je potrebno provesti relativno jednostavna laboratorijska ispitivanja kao što su sijanje, areometrisanje i Atterbergove granice. Razradio ju je Casagrande (1948), a još se zove i AC-klasifikacija (*Airfield clasification*).

Kasnije su se pojavile još neke klasifikacije, koje su bile povezane s poznatim institucijama za standardizaciju kao što su DIN, British standard, AFNOR (Francuska) i ASTM (SAD). Sve su one bazirane na istim principima kao i jedinstvena klasifikacija, ali su nastojale u svoje klasifikacijske sisteme uvrstiti grupe materijala koje su karakteristične za «njihova» tla.

Što se tiče novih evropskih propisa za građevinarstvo – eurokodova (za geotehniku Eurokod 7), ne predviđa se vlastiti sistem klasifikacije već će eurokodovi preuzeti sistem koji predlaže Međunaroda organizacija za standardizaciju – ISO; norme ISO 14688 (1997) i ISO 14688-2 (2000).

Oznake *glavnih grupa* materijala tla

(klasificiraju se u grupe prema veličini zrna na – u zagradama su odgovarajući međunarodno usvojeni simboli):

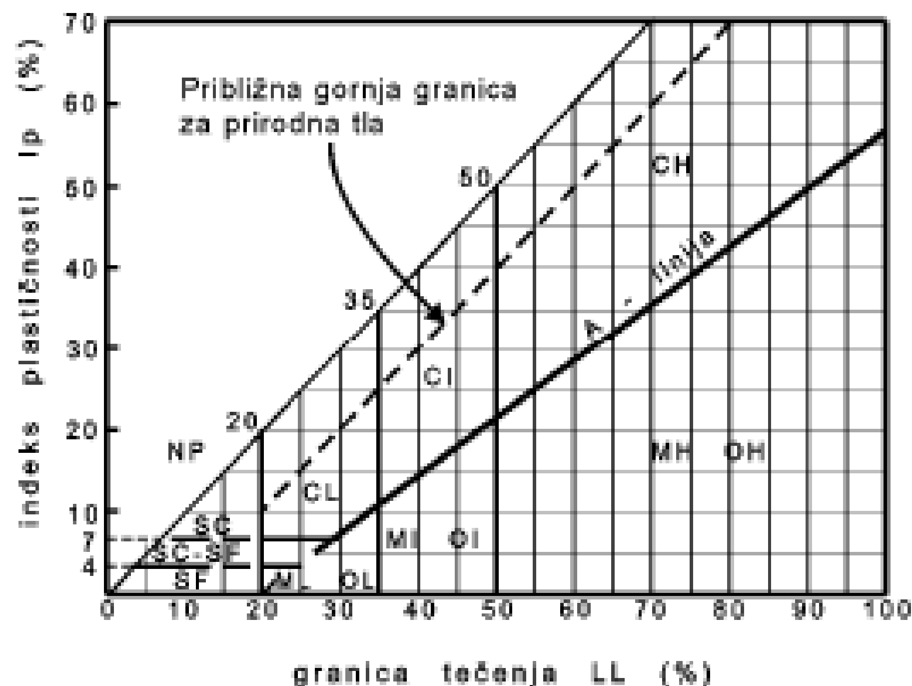
- šljunak (gravel – G),
- pijesak (sand – S),
- prah (silt – M),
- glina (clay –C),
- organsko tlo (organic soil – O),
- treset (peat – Pt).

Za krupnozrnata tla se uvode i dopunske opisi, prema graduiranosti i količini sitnih čestica, :

- dobro graduirano (well – W),
- dobro graduirano s dovoljno sitnih čestica da veže krupna zrna (with clay – C),
- slabo graduirano, nedostaje neka grupa zrna, nema sitnih frakcija (poor – P),
- slabo graduirano, s mnogo prašinastih čestica (fines – Fs),
- slabo graduirano, s mnogo glinovitih čestica (fines, clay – Fc),
- jednolično graduirano, jednozrnasto, malo sitnih čestica (uniform – U).

VRSTA MATERIJALA		ISO/DIS 14688	USCS
DROBINA (OBLUTCI)			
		60 mm	75 mm
ŠLJUNAK	krupni		
		20 mm	
	srednji		
		6 mm	
	sitni		
		2 mm	4,75 mm
PIJESAK	krupni		
		0,6 mm	
	srednji		
		0,2 mm	
	sitni		
		0,06 mm	0,075 mm
PRAH	krupni		
		0,02 mm	
	srednji		
		0,006 mm	
	sitni		
		0,002 mm	
GLINA			

GLAVNA PODELA TLA			LABORATORIJSKI KLASIFIKACIONI KRITERIJUMI TLA			SIMBOL GRUPE TLA
KRUPNOZRNA TLA Više od 50 % zrna je krupnije od 0,075 mm	ŠLJUNKOVI I ŠLJUNKOVITA TLA Više od 50 % krupnozrne frakcije je veće od 2 mm	ČISTI ŠLJUNKOVI	Klasifikacija na osnovu procenta sitnih frakcija Manje od 5 % GW, GU, GP, SW, SU, SP Više od 12 % GF, GC, SF, SC Od 5 % do 12 % granični slučajevi zahtevaju dvojne simbole	Cu > 4 i Cz između 1 i 3		GW
				Ne zadovoljava oba gore navedena uslova za GW	Preovladava jedna frakcija	GU
					Nedostaje jedna frakcija	GP
		ŠLJUNKOVI SA SITNIM FRAKCIJAMA		Atterbergove granice ispod "A" linije i Ip < 4	Atterbergove granice iznad "A" linije i I_p između 4 i 7 zahtevaju dvojne simbole	GF
				Atterbergove granica iznad "A" linije i Ip > 7		GC
	PESKOVI I PESKOVITA TLA Više od 50 % krupnozrne frakcije je manje od 2 mm	ČISTI PESKOVI		Cu > 6 i Cz između 1 i 3		SW
				Ne zadovoljava oba gore navedena uslova za SW	Preovladava jedna frakcija	SU
					Nedostaje jedna frakcija	SP
		PESKOVI SA SITNIM FRAKCIJAMA		Atterbergove granice ispod "A" linije i Ip < 4	Atterbergove granice iznad "A" linije i Ip između 4 i 7 zahtevaju dvojne simbole	SF
				Atterbergove granica iznad "A" linije i Ip > 7		SC

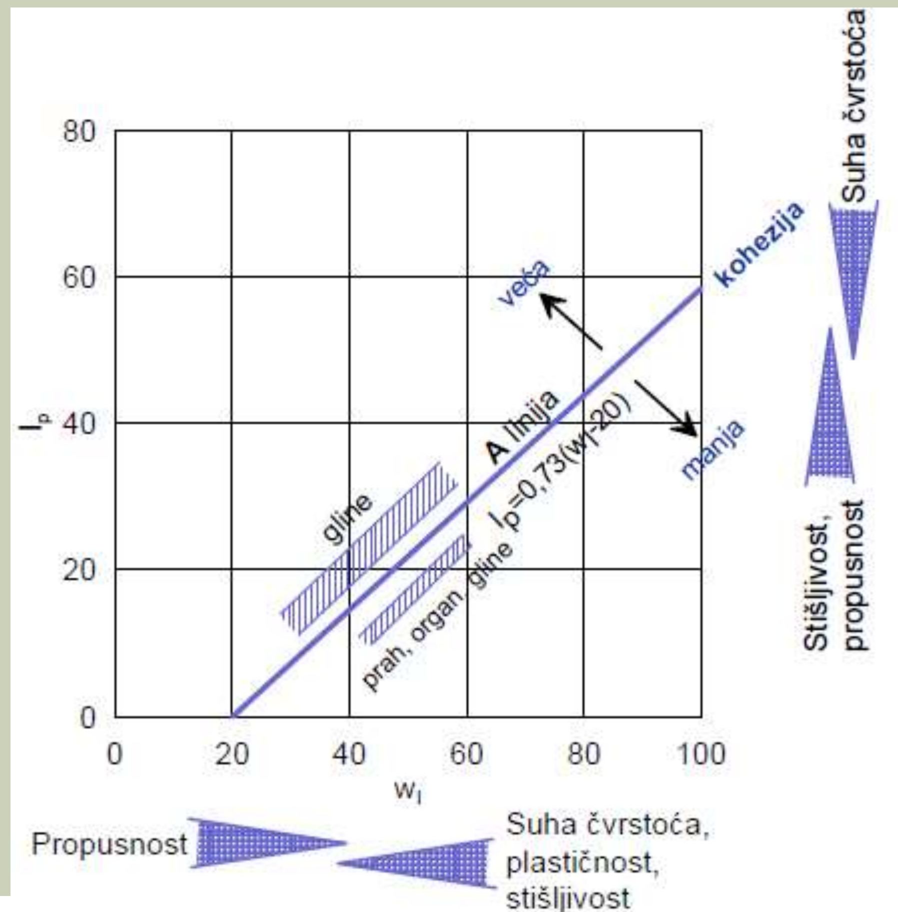
<table>
<tr><td rowspan="3">S I T N O Z R N A T L A
Više od 50 % zrna je sitnije od 0,075 mm</td><td>PRAŠINE, GLINE I ORGANSKA TLA NISKE PLASTIČNOSTI
Granica tečenja 35 % ili manje</td><td rowspan="3">
</td><td>ML
CL
OL</td></tr>
<tr><td>PRAŠINE, GLINE I ORGANSKA TLA SREDNJE PLASTIČNOSTI
Granica tečenja između 35 % i 50 %</td><td>MI
CI
OI</td></tr>
<tr><td>PRAŠINE, GLINE I ORGANSKA TLA VISOKE PLASTIČNOSTI
Granica tečenja 50 % ili više</td><td>MH
CH
OH</td></tr>
<tr><td colspan="2">JAKO ORGANSKA TLA</td><td>Na osnovu vizuelne makroklasifikacije</td><td>Pt</td></tr>
</table>

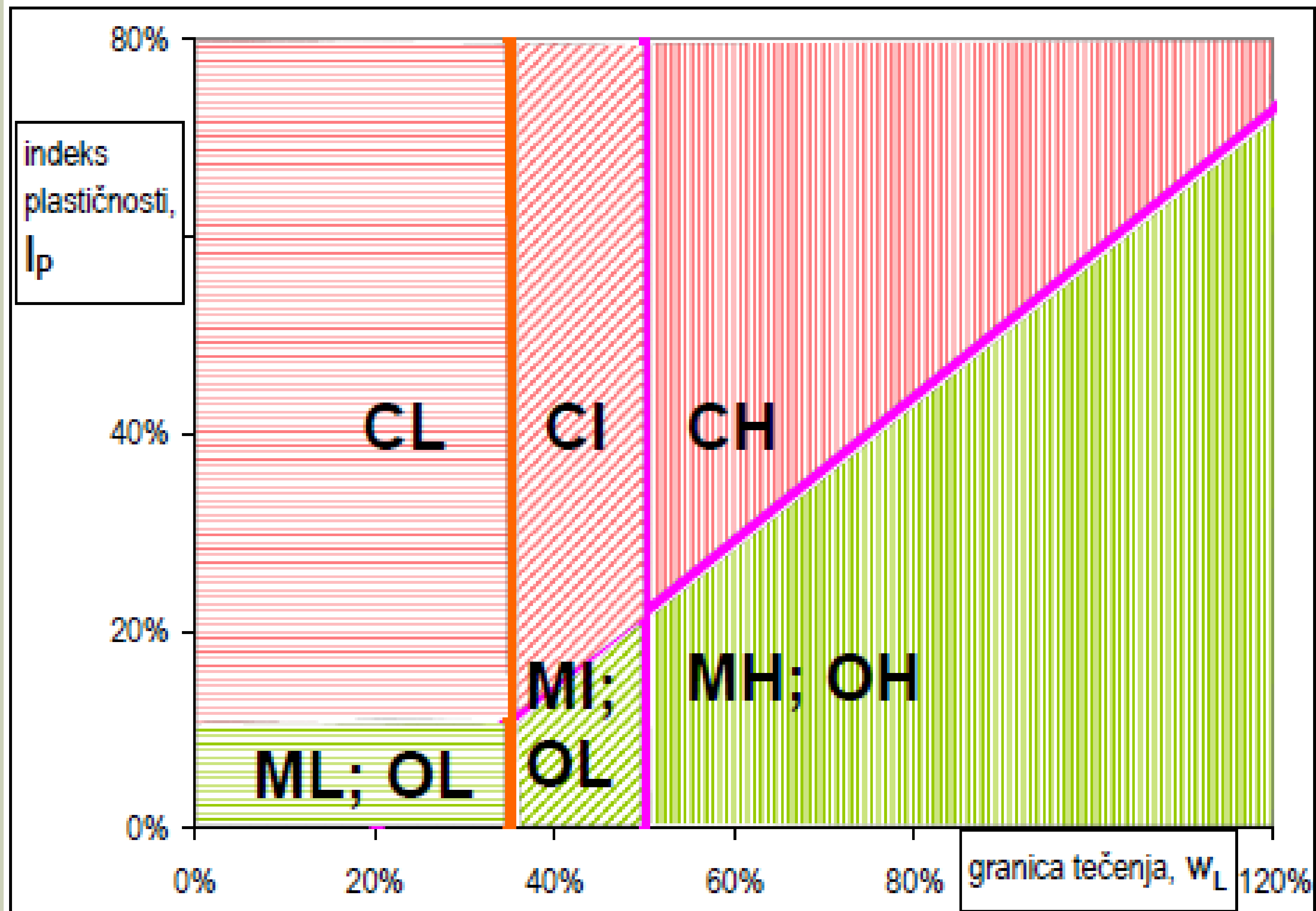
Sitnozrnasta tla se svrstavaju u klasifikacijske grupe prema plastičnosti i to prema vrijednosti granice tečenja, w_L:

- $w_L < 35$ % , niskoplastično tlo (low – L),
- $35 < w_L < 50$ %, srednjeplastično tlo (intermediate – I),
- $50\% < w_L$, visokoplastično tlo (high – H).

Materijali iznad A-linije u dijagramu plastičnosti su gline, a ispod, prahovi i organske gline. Za sitnozrnata tla se opisi dobiju kombinacijom iz a) i c), pa su tako i simboli
ML, MI i MH te CL, CI, CH,
a za organsko tlo je OL, OI i OH.

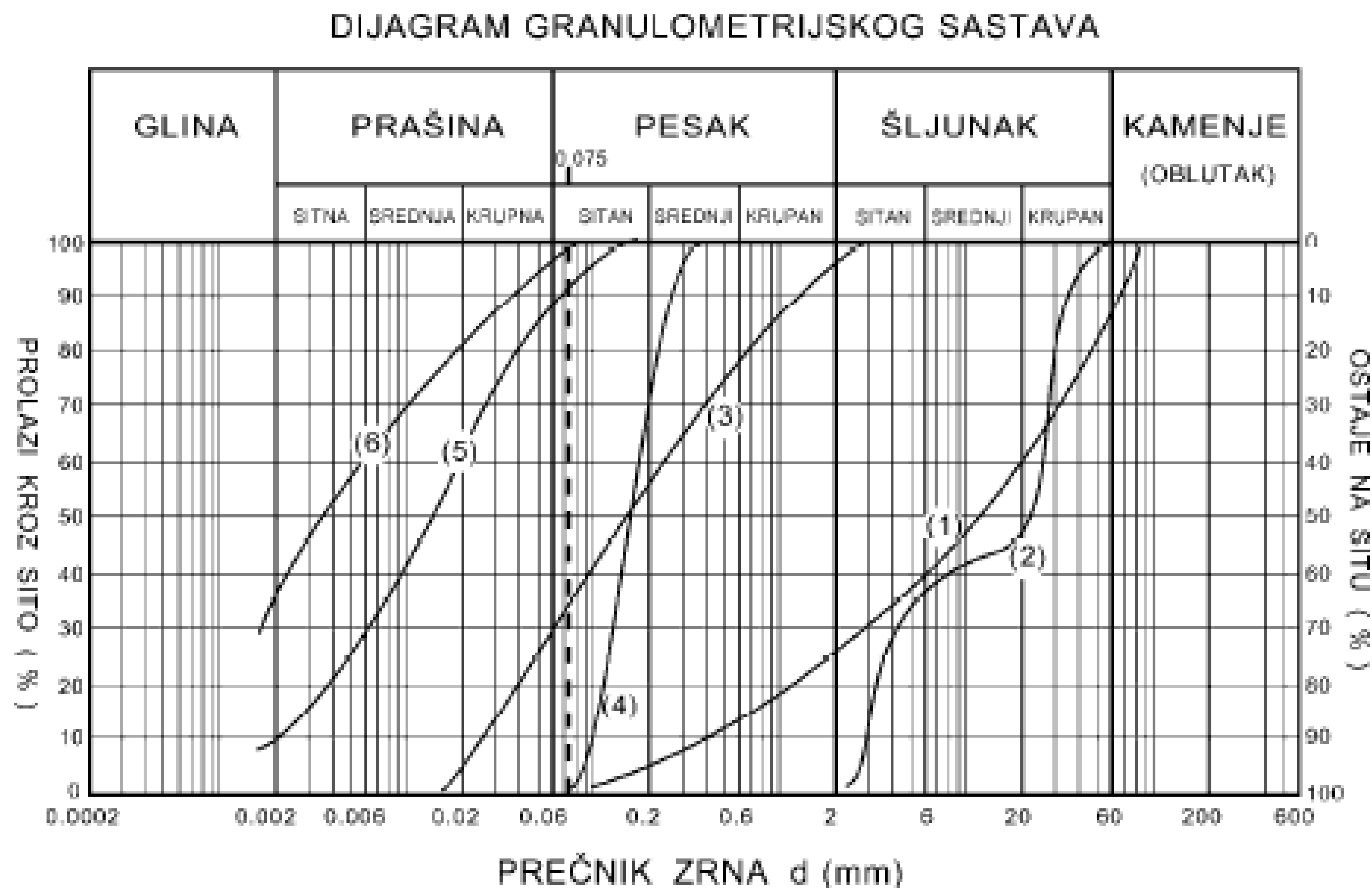
Američki standard (ASTM, D-2487) i danas uvažava jedinstvenu klasifikaciju, s tim da nema krupnozrnate materijale tipa Fs i Fc, a kod sitnozrnatih, srednje plastičnosti (I).





Dijagram plastičnosti s klasifikacijskim oznakama za pojedine grupe koherentnih tala..

Klasifikacija prema ISO 14688 (1997) i ISO 14688-2 (2000)



STIJENE

STIJENA–čvrsta prirodna smjesa sastavljena od minerala, stakla, izmjenjene organske tvari i kombinacije tih komponenti
petros(gr.) -stijena

PETROLOGIJA–nauka o stijenama (sastav, struktura, način postanka, klasifikacije)
Podjela prema na načinu postanka:

- magmatske
- metamorfne
- sedimentne

Magmatske stijene

nastaju očvršćavanjem magme (lava) i dijele se na:

- intruzivne

sporo hlađenje duboko ispod površine Zemlje (granit)

- Efuzivne

brzo hlađenje na površini ili blizu površine Zemlje (bazalt).





Sedimentne stijene

Nastaju na površini ili vrlo blizu površine Zemlje. Dijele se na klastične, organske i hemijske

Klastične

trošenje→transport →→taloženje→litifi

primjer: pješčar, konglomerat

Organske

litifikacija ostataka biljaka i životinja

primjer: ugalj

Hemijske

precipitacija minerala iz rastvora

primjer: gips, halit



KARBONATNE SEDIMENTNE STIJENE

Krečnjak se sastoji se od karbonatnih minerala kalcita ($CaCO_3$), Mg-kalcita, rjeđe i od aragonita. To je karbonatna stijena anorganskog i/ili organskog porijekla pretežno (>50%) sastavljene od minerala kalcita. Ako sadrže više od 90% kalcita to su čisti krečnjaci za koje se upotrebljava samo naziv krečnjak.

Ako sadrže manje od 90% kalcita, zavisno o primjesama krečnjaci se dijele na

- dolomitne krečnjake
- glinovite dolomitne krečnjake
- prahoviti (siltični) dolomitni krečnjaci
- pjeskoviti dolomitni krečnjaci



Dolomiti

su karbonatne stijene pretežno sastavljene od minerala dolomita, $CaMg(CO_3)_2$.



Metamorfne stijene

Nastaju djelovanjem povišenog pritiska, temperature i vrućih fluida na već postojeće čvrste stijene u dubini Zemlje vrste (metamorfoza)
promjena u sastavu (mineralnom i/ili hemijskom) i/ili strukturi već postojećih stijena

Ortometamorfit

magmatska stijena →metamorfna stijena
Gabro

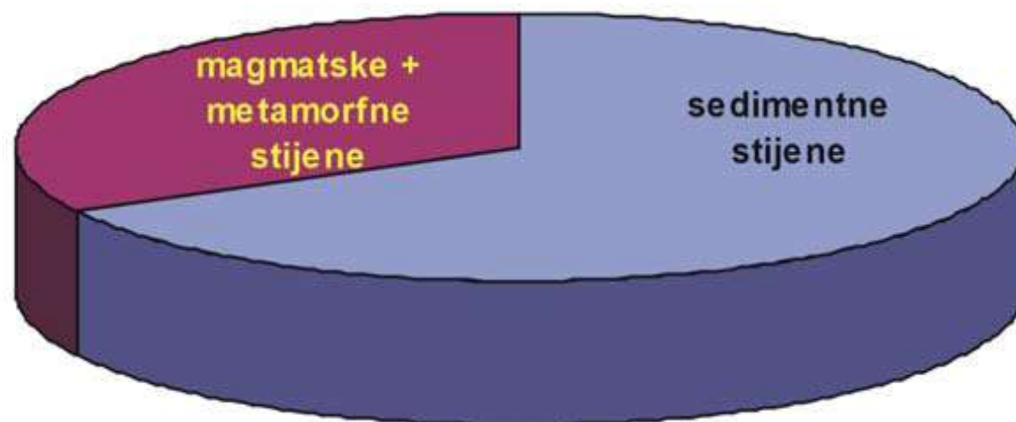
Parametamorfit

sedimentna →metamorfna
Mermer

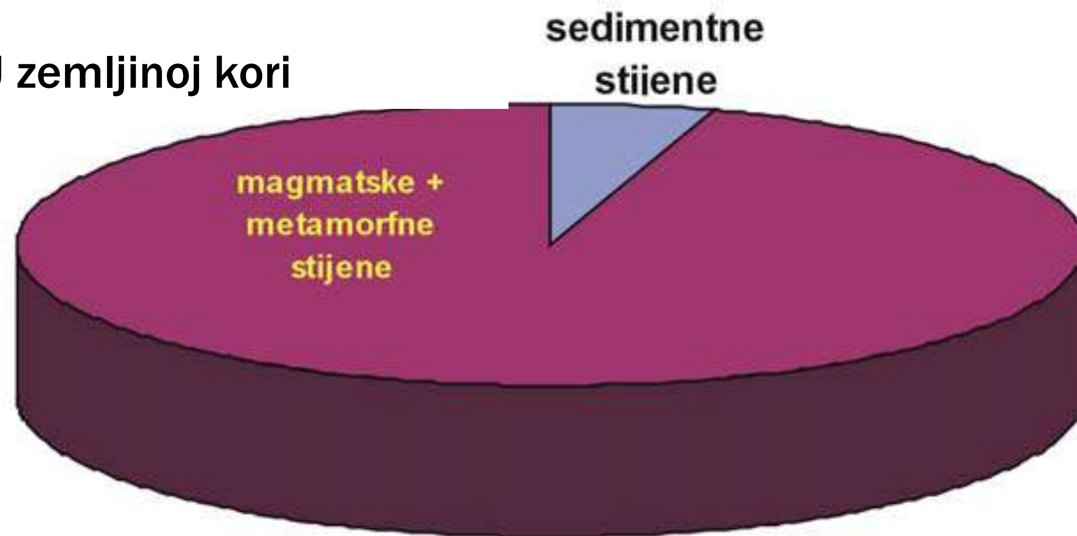




Na površini zemlje



U zemljinoj kori



STIJENA KAO INŽENJERSKI MATERIJAL

Stijena se u inženjerstvu koristi kao:

- **materijal od kojeg se gradi (arhitektonski i građevinski kamen),**
- materijal u kojem se gradi (iskopi podzemni i površinski),
- **materijal na kojem se gradi (temeljenje građevina).**

Tekstura stijene opisuje se veličinom, oblikom i uređenjem komponenata u mjerilu od nekoliko centimetara. Za razliku od teksture, struktura predstavlja uređenje komponenata stijenske mase u mjerilu od nekoliko metara. Teksturna i strukturna obilježja ključni su elemnat za razlikovanje magamtskih, metamorfnih i sedimentnih stijena, pošto sve one imaju vrlo sličan mineralni sastav.

Poroznost, gustoća i vlažnost

Sa inženjerskog stanovišta, pore su najvažnija komponenta stijene pošto su najslabije. Pore kontroliraju čvrstoću, deformabilnost i propusnost.

Čvrstoća je maksimalno naprezanje koje materijal može podnijeti bez loma za bilo koji tip opterećenja.

Deformabilnost se može opisati kao lakoća kojom se stijena može deformisati.

Krutost se može opisati kao otpor deformisanju.

Tvrdoća se može definisati kao otpornost materijala na udubljivanje i grebanje.

Klasa	Opis	Terenska identifikacija	Približna vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće (MPa)	
S1	Vrlo mekana glina *Very soft clay*	Pesnica se lagano utiskuje nekoliko centimetara	< 0,025	Tlo
S2	Mekana glina *Soft clay*	Palac se lagano utiskuje nekoliko centimetara	0,025 – 0,05	
S3	Firm clay	Palac se se utiskuje nekoliko centimetara sa srednjim naporom	0,05 – 0,10	
S4	Kruta glina *Stiff clay*	***Palac ostavlja udubinu ali penetrira samo uz visoki napor***	0,10 – 0,25	
S5	Vrlo kruta glina *Veri stiff clay*	Nokat palca ostavlja udubinu	0,25 – 0,50	
S6	Tvrda glina *Hard clay*	Nokat palca teško ostavlja udubinu	> 0,50	
R0	Ekstremno slaba stijena *Extremely weak rock*	Nokat palca ostavlja udubinu	0,25 – 1,0	Stijena
R1	Vrlo slaba stiejna *Very weak rock*	Mrvi se pod udarcima šiljka geološkog čekića, može se guliti džepnim nožićem.	1,0 – 5,0	
R2	Slaba stijena *Weak rock*	Može se guliti džepnim nožićem uz popteškoće, Plitko udubljenje može se napraviti udarcem šiljka geološkog čekića.	5,0 – 25	
R3	Srednje čvrsta stiejna *Medium strong rock*	Ne može se parati ili guliti džepnim nožićem, uzorak se može lomiti sa jednim udarcem geološkog čekića	25 -50	
R4	Čvrsta stiejna *Strong rock*	Za lomljenje uzorka potrebno je više od jednog udaraca geološkim čekićem	50 – 100	
R5	Vrlo čvrsta stijena *Very strong rock*	Za lomljenje uzorka potrebno je mnogo udaraca geološkim čekićem	100 – 250	
R6	Ekstremno čvrsta stijena *Extremely strong rock*	Geološkim čekićem uzorak se može samo okrhnuti	> 250	

Podela na kategorije tla u zavisnoti od otpora tla prilikom rezanja pod uglom od 45^{o}:

I. Kategorija (vrlo slab teren) - pesak, peskovita zemlja, laka glinovita zemlja, šljunak i tucanik; otpor rezanja do 0,5kp/cm 2.

II. Kategorija (slab teren) - srednje vlažna glinovita zemlja, lake gline srednje i povećane vlažnosti; otpor rezanja od 0,5 do 1,0 kp/cm^2.

III. Kategorija (teren srednje čvrstoće) - glinovita zemlja male vlažnosti, teška glinovita zemlja i srednje gusta glina; otpor rezanja od 1,0 do 2,5 kp/cm^2.

IV. Kategorija (teren povećane čvrstoće) - slabi peščari sa glinom, slabi laporac i glinac, gusta glina; otpor rezanja od 2,5 do 5,0 kp/cm^2.

V. Kategorija (čvrst teren) - guste karbonske gline, slabi pkolkasti krečnjaci, mineralne stene i zamrznuti vlažni pesak; otpor rezanja do 5,0 do 10,0 kp/cm^2.

VI. Kategorija (vrlo čvrst teren) - guste gline, slabi pešćari, laporac, zamrznuti mokri pesak ili glinovita zemlja (do -3 0C); otpor rezanja od 10.0 do 15 kp/cm^2.

VII. Kategorija (veoma čvrst teren) - gušće i čvršće modifikacije tla VI kategorije, zamrznuta glinovita tla II i III kategorije pri temperaturama tla do - 5 ^{o}C; otpor rezanja od 15,0 do 20.0 kp/cm^2.

VIII. Kategorija tla (izuzetno čvrst teren) - čvrsti peščari i laporci, tvrde gline i zamrznuto glinovito tlo pri temperaturama do - 20 ^{o}C; otpor rezanja od 20,0 do 30,0 kp/cm^2.

Podjela tla i stijena prema načinu iskopa

kategorija	kategorija strojnog rada	svojstva	vrsta tla	sredstvo za iskop
I	a	nevezano tlo	rastresita zemlja pijesak	lopata
II	b	slabo vezano tlo	obična zemlja glinoviti pijesak šljunak	motika
III	b	čvrsto vezano tlo	čvrsta glina laporovita glina	kramp
IV	c	trošna i meka stijena	meki pješčenjak laporoviti škriljci meki vapnenac breče	pijuk poluga
V	c	meka i ispucala stijena	pješčenjak kreda slabiji vapnenac konglomerat	pijuk, klinovi eksploziv (barut)
VI	d	čvrsta, ali krta stijena	pješčenjaci vapnenci	eksploziv (dinamit)
VII	d	vrlo čvrsta stijena	granit gnajs porfir	eksploziv (dinamit)

Sredstva:
a- utovarivač
b- buldozer
c- skrejperi,
buldozeri
d- eksploziv

Rastresitost

kategorija	privremena	stalna
I	1,15	0-2 %
II	1,20	2-4 %
III	1,25	3-5 %
IV	1,30	4-7 %
V	1,40	8-10 %
VI	1,50	10-15 %
VII	1,50	10-15 %





BITUMEN

Bitumen je mješavina visoko viskoznih organskih tečnosti. Crne je boje i lepljiv je. Potpuno je rastvoran u ugljen-disulfidu i sastoji se od visoko kondenzovanih policikličniharomatičnih ugljovodonika.

Rafinisani bitumen

Dobija se preradom sirove nafte i predstavlja teški ostatak prerađen poslije frakcione destilacije sirove nafte. Hemijski se definišu uglavnom tri vrste:

- Parafinske
- Naftenske
- Aromatske nafte

Na svijetu se proizvodi oko 1500 različitih tipova nafte a samo nekoliko je podobno za preradu iz koje se dobija putni bitumen.



Jezerski bitumen na Trinidadu, vadi se iz jezera veličine 35 ha i dubine oko 90 m. Iskopani materijal se rafiniše zagrijavanjem na 160 °C, pri čemu isparava voda. Istopljena masa prelazi preko finih sita da bi se odstranili ostaci biljnog porijekla ili komadi stijena. Dobijeni materijal se naziva “Trinidad Epure” i uobičajeno je sastavljen od:

- veziva 54%
- mineralnih materija 36%
- organskih materija 10%.

Ovaj materijal je isuviše tvrd da bi se primjenjivao u putnom asfaltu. Rijetko se primjenjuje kao dodatak u asfalt betonu gdje mijenja 20 do 30% sadržine bitumena. Uglavnom se upotrebljava za hidroizolacije, ravne krovove i slične radove, gdje mijenja i do 70% veziva.

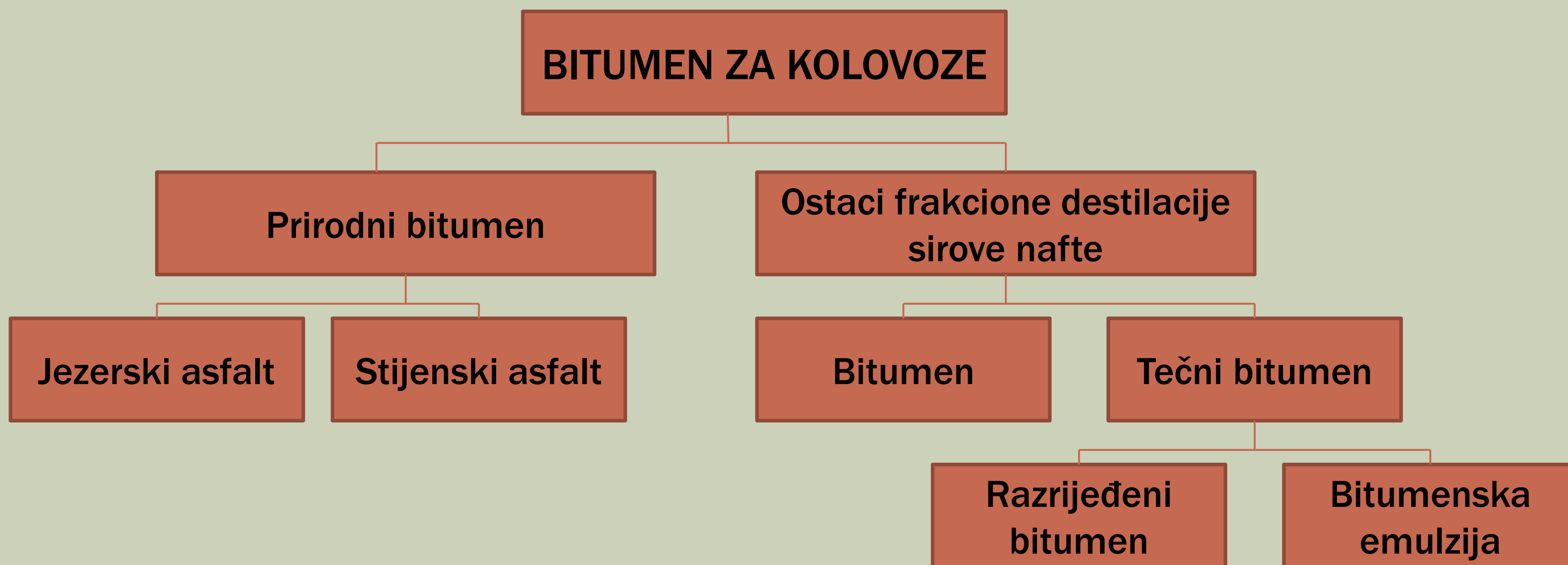
Stijenski asfalt

To je obično zrnasti materijal ili škriljac od krečnjaka ili pješčara sa sadržajem bitumena od 4 do 18%. U Evropi je u upotrebi od sredine 17.vijeka. Koristio se za hidroizolacije, zaštitu drveta od truljenja i insekata. Od 19.vijeka se koristio za prve radove na putevima. Danas nema veću primjenu a u Evropi se jamska eksploatacija vrši još samo u Francuskoj (St Jean de Maruejols).

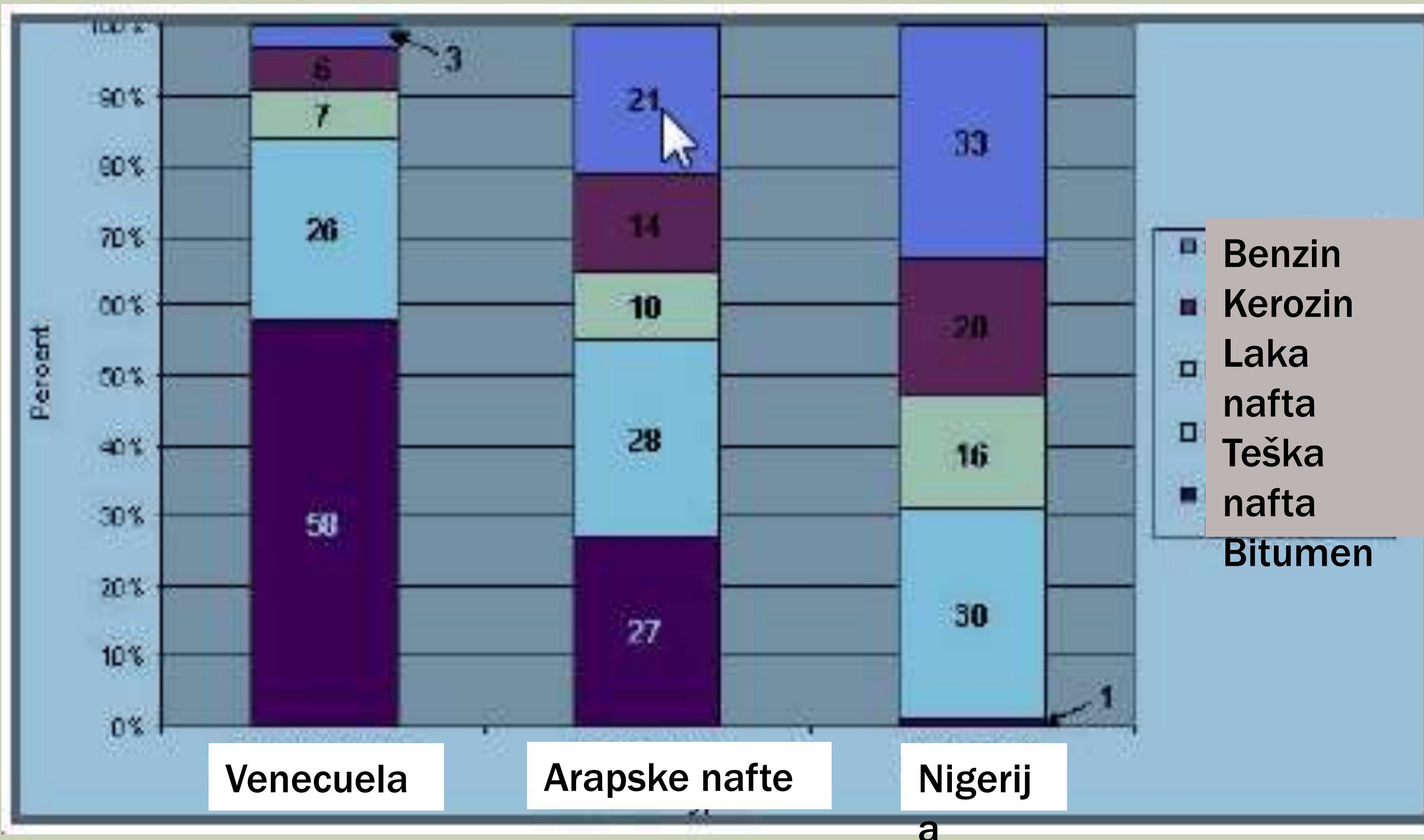
Nafte koje u sebi predominantno sadrže parafinske ugljikovodike nisu podobne za proizvodnju bitumena.

Pri frakcionoj destilaciji sirove nafte na nižim temperaturama se izdvajaju laki destilati a na višim srednji i na kraju teški destilati. Bitumen se dobija u rafineriji preradom teškog ostatka (mazuta) postupkom ili samo vakuum destilacije ili kombinovanim postupkom vakuum destilacije i oksidacije uz pomoć vazduha na povišenoj temperaturi (duvanje). U procesu dobijanja bitumena posebnim postupkom se izdvajaju razrijeđeni bitumen i bitumenska emulzija.

Postupkom oksidacije uz pomoć vazduha na povišenoj temperaturi dobijaju se industrijski (duvani) bitumeni željenih osobina koji se koriste za izolacije krovova, antikorozivnu zaštitu, izolacije bazena, kanala i sl.



Sastav sirove nafte



Sa aspekta proizvodnje putnih bitumena najbolje su tzv.teške nafte (aromatske) iz Venecuele i Meksika.

Prerada nafte deli se na primarnu i sekundarnu.
Primarna prerada nafte obuhvata razdvajanje sirove nafte atmosferskom i vakuum destilacijom na više frakcija, tj.primarnih proizvoda različitog intervala ključanja.
Primarni proizvodi su gas,benzinska i kerozinska frakcija, vakuum-uljne frakcije i ostatak vakuum destilacije.
Sekundarna prerada nafte obuhvata procese i operacije kojima se podvrgavaju frakcije ugljovodonika dobijene primarnom preradom.
Hemijski sastav i relativni udeo dobijenih primarnih destilata uslovljeni su hemijskim sastavom polazne nafte.

Hemijske karakteristike bitumena

Spada u grupu ugljikovodonika – jedinjenja ugljenika (C) i vodonika (H)
Bitumen je mrko-crn, na sobnoj temperaturi u čvrstom stanju, potpuno rastvorljiv u ugljensulfidu (CS_2).
Hemijski sastav bitumena je:

- Ugljenik, 80 do 88%
- Vodonik, 8 – 11%
- Sumpor, 0 – 6%
- Kiseonik, 0 – 1,5%
- Azot, 0 – 1%
- Metali (vanadijum, nikl, željezo)

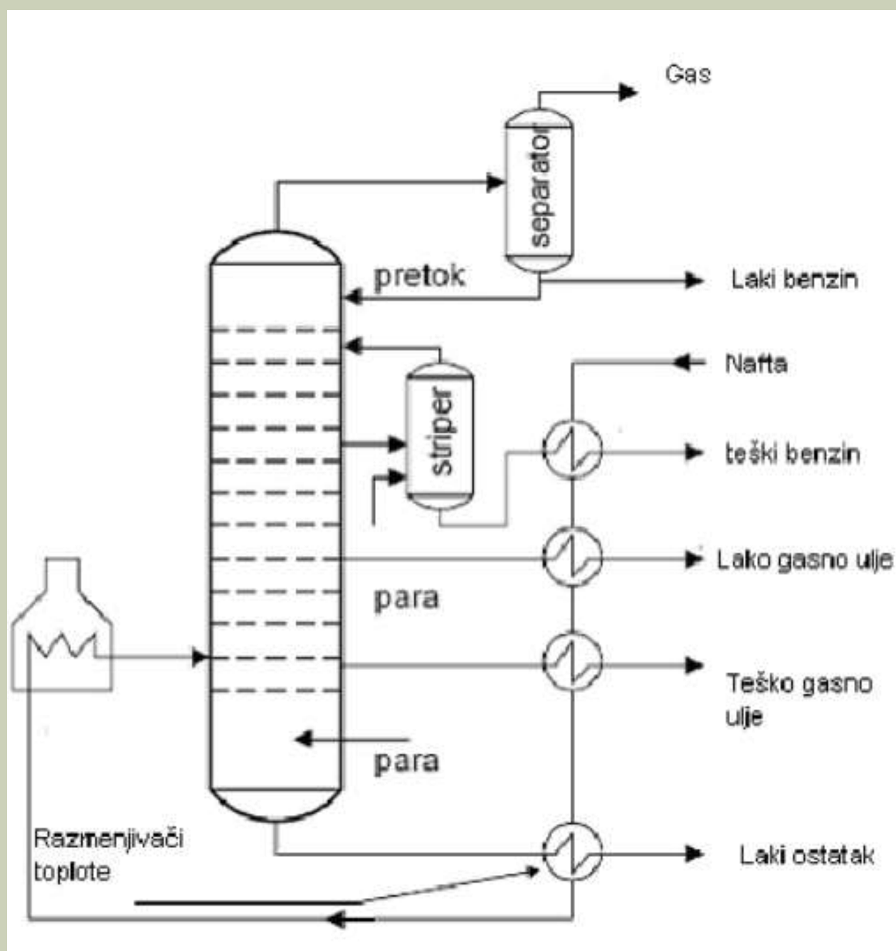
Atmosferska destilacija

Destilacija je operacija kojom se vrši razdvajanje komponenenata tečne smješe, na osnovu razlike u temperaturama ključanja. Ova operacija zasnovana je na različltim isparljivostima, odnosno naponima pare komponenenata smješe, tako da se u toku ključanja kao proizvod dobija para, obogaćena lakše isparljivom komponentom. Postrojenje za atmosfersku destilaciju nafte je primarno i najvažnije postrojenje u svakoj rafineriji . U njega je uključeno više operacija povezanih međusobno u kontinualan sistem.

Proces atmosferske destilacije obuhvata sledeće stupnjeve:

- Zagrijavanje nafte na 360 °C;
- Razdvajanje na frakcije u destilacionoj koloni
- Stripovanje (ispiranje lakših komponenti).

.



Frakcije atmosferske destilacije su:
laki benzin (<150 °C),
teški benzin (150-200 °C),
petrolej (200-260 °C),
lako gasno ulje (260-300 °C),
teško gasno ulje (300-360 °C) I
ostatak (>360 °C).
Ostatak atmosferske destilacije je sirovina za vakuumsku destilaciju

Vakuum destilacija

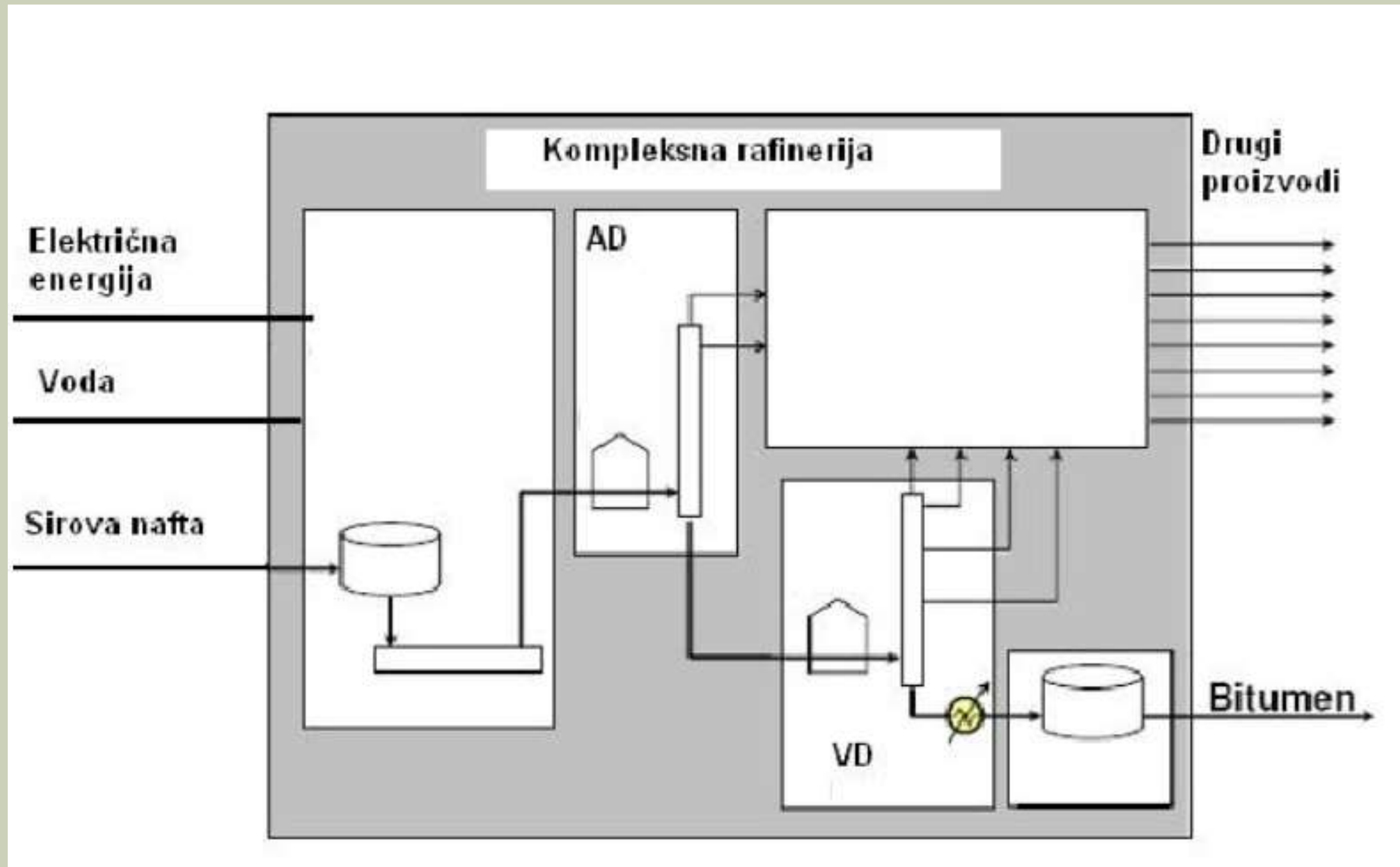
Najviša temperatura atmosferske destilacije ne smije da pređe 350 °C jer na višoj temperaturi dolazi do razlaganja ugljovodonika i obrazovanja koksa. Zato se atmosferskom destilacijom ne mogu dobiti destilati tačke ključanja preko 360°C. Teže frakcije mogu se dobiti iz atmosferskog ostatka samo destilacijom pod smanjenim pritiskom, odnosno vakuum destilacijom.
Proizvodi vakuum destilacije su :

- Vakuum lako gasno ulje;
- Vakuum teško gasno ulje;
- Nekondiciona frakcija I
- Vakuum ostatak.

Destilacija atmosferskog ostatka u vakuumu primjenjuje se u cilju pripreme napojne sirovine za katalitičko krekovanje i koja služe kao komponente za proizvodnju mazivih ulja. Ostatak vakuum destilacije je najteža frakcija, čija je tačka ključanja oko 450 °C.

Proizvodnja bitumena

Kao sirovina za proizvodnju bitumena koristi se vakuum ostatak iz procesa vakuumdestilacije. Vakuum ostatak mora da bude odgovarajućeg kvaliteta i ograničenog sadržaja parafina. Tehnološki proces dobijanja bitumena sastoji se u kontinuiranoj oksidaciji vakuum ostatka u reaktoru pri temperaturi od 250 do 270 °C



Bitumeni se koriste u putnoj privredi za izradu kolovoza, kao bazni bitumen za industrijsku proizvodnju polimer modifikovanog bitumena i kao sirovine u industriji za proizvodnju izolacionih materijala i slično.
Rafinerija nafte Brod“ u svom proizvodnom programu ima:

- Bitumen 50/70
- Bitumen 70/100
- Bitumen 160/220

Rafinerija NIS Pančevo, osim navedenih proizvodi i polimer modifikovane bitumene.
Polimer modifikovani bitumen za puteve PMB 50/90 koristi se kao vezivo u gradnji auto puteva, izuzetno važnih i opterećenih deonica puteva, aerodromskih pisti, gde je potrebna povećana povratna elastičnost.

Klasični postupci proizvodnje bitumena ne mogu da daju proizvod zadovoljavajućeg kvaliteta, pa se zbog toga vrši njegova modifikacija. Time se poboljšavaju njegove reološke i eksploatacione karakteristike. Danas se najčešće koriste sintetički polimeri i to dva tipa: elastomeri – stiren/butadien/stiren, stiren/butadien kaučuk i plastomeri – etilen/vinil-acetat, ataktički polipropilen i polietilen.
Polimer se namešava u odnosu koji se kreće 2-10% m/m.

Bitumenske emulzije su proizvodi koji se sastoje od vode i bitumena (50% - 60%), sa odgovarajućim emulgatorom.
Svrstava se među tečne bitumene jer je za razliku od bitumena, pri okolnoj temperturi u tečnom stanju. Koristi se da bi se smanjila viskoznost bitumena.

Deformabilnost bitumena značajno utiče na karakteristike asfaltnih mješavina

- mek bitumen –lako se deformiše i teče, utiče na stvaranje kolotraga i isplivavanje bitumena na površini kolovoza
- Suviše krut bitumen utiče na stvaranje pukotina uslijed zamora i termičkih pukotina na površini kolovoza







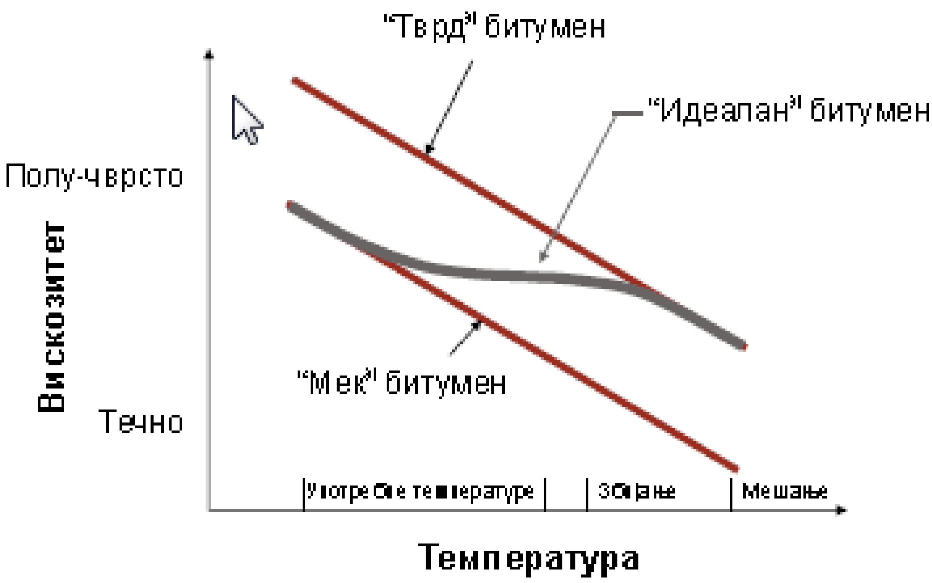
MODIFIKOVANI BITUMENI

Ciljevi modifikacije bitumena:

- Poboljšavanje reoloških karakteristika bitumena i asfaltnih mješavina
  - Povećanje otpornosti na kolotrage
  - Povećanje otpornosti na pucanje na niskim temperaturama
  - Povećanje otpornosti na pucanje uslijed zamora
- Povećanje otpornosti oštećenja uslijed dejstva vode
- Smanjenje uticaja starenja
- Poboljšanje ugradljivosti na niskim temperaturama

MODIFIKATORI

- Ne mijenjaju hemijsku strukturu bitumena (osim hemijskih modifikatora)
- Utiču na fizičke karakteristike bitumena (tačka razmekšavanja i krtost)
- Otporni na visoke temperature
- Kompatibilni sa bitumenom
- Povećavaju otpornost na deformaciju bitumena na visokim temperaturama



Modifikator	Trajna deformacija	Termičke pukotine	Pukotine od zamora	Dejtvo vlage	Starenje
Elastomeri	DA	DA	DA		DA
Plastomeri	DA	DA	DA		
Hemijski modifikatori	DA				
Guma		DA	DA		
Antioksidans i					DA
DOP				DA	DA
Filer				DA	DA

BITUMENSKE EMULZIJE

Emulzija je disperzivni sistem, a sastoji se od dvije faze koje se inače međusobno ne miješaju. Sićušne kapljice bitumena (disperzne faze) raspršene su u vodi (kontinuiranoj fazi), a stabilnost takvom sastavu daje treća komponenta – emulgator, koji ima ulogu sprečavanja, odnosno odgađanja separacije faza. Vrući bitumen (oko 140 °C) i voda sa emulgirajućim sredstvom pod pritiskom prolaze kroz koloidni mlin (rotor velike brzine sa 1000 do 6000 obrtaja u minuti) gdje se dobijaju vrlo sitne kapljice bitumena (manje od 5 do 10 mm) koje lebde u vodi. Emulgirajuće sredstvo daje električni naboj površini kapljica pa se one međusobno odbijaju, tj.sprečava se njihovo povezivanje.
Bitumenske emulzije dijele se na četiri vrste:

1. Anionske – bitumenske kapljice sa negativnim električnim nabojem,
2. Kationske – bitumenske kapljice sa pozitvnim električnim nabojem,
3. Non-jonske emulzije – neutralne, rijetko se upotrebljavaju u putnom inženjerstvu,
4. Emulzije stabilizovane glinom – upotreba uglavnom u industrijske svrhe.

Emulgator ima nekoliko uloga u bitumenskoj emulziji:

- Smanjuje površinske napone između bitumena i vode
- Određuje da li je emulzija formirana na bazi ulja/voda ili voda/ulje
- Stabilizuje emulziju sprečavajući međusobno vezanje bitumenskih kapljica
- Određuje karakteristike emulzije kao što su adhezija ili brzina vezanja

Većina kamenih agregata poput pješčara, kvarca, granita, dacita, diorita, diabaza, itd. Imana površini negativni električni naboj pa su ti agregati uglavnom kompatibilni sa katjonskim emulzijama koje imaju pozitivan naboj.

Kameni agregati proizvedeni od krečnjaka, dolomita ili drugih baznih stijena imaju pozitivan površinski naboj pa su stoga komaptibilni sa negativno nabijenim anionskim emulzijama.

Kada se bitumenska emulzija pomiješa sa agregatom, ona se “razbija” (na bitumen i vodu) zato što kapljice bitumena reaguju sa površinom agregata i s njom uspostavljaju vezu, pri čemu istiskuju vodu koja se nalazi između bitumena i agregata. Isparavanje vode je prvi korak koji dovodi do “razbijanja” anionskog emulgiranog bitumena čime se dobija kontinuirani film bitumena na agregatu ili kolovozu.

Kationska bitumenska emulzija uglavnom se razbija pomoću elektrohemijskih procesa.

Bitumenske emulzije mogu se ocijenjivati tako da im se odredi brzina “razbijanja” ili stabilnost. Dijele se na:

1. Nestabilne emulzije – razbijaju se vrlo brzo u kontaktu sa agregatom i služe kod površinskih obrada i penetrisanih makadama,
2. Polustabilne emulzije – razbijaju se dovoljno dugo da se može izvršiti miješanje sa agregatom, služe za hladne mješavine bitumena i agregata diskontinualnog sastava,
3. Stabilne emulzije – razbijaju se vrlo sporo i služe za prskanje u svrhu poboljšanja prionljivosti, emulzijske obrade, hladne mješavine bitumena i agregata kontinuiranog sastava.

Sadržaj vode u anionskim emulzijama iznosi od 34 do 46% a u katjonskim od 29 do 46%.
Kao emulgator u anionskim emulzijama upotrebljavaju se anion-aktivne materije kao što su sapuni ili alkalne soli viših masnih kiselina a kao emulgator u katjonskim emulzijama upotrebljavaju se mineralna ulja različitog porijekla.

Kao posljedica brige o zaštiti okoline i smanjenja potrošnje fosilnih goriva u poslednjih dvadeset godina porasla je primjena tzv. hladnih asfaltnih mješavina.
U SAD su od 1986.do 1991.godine publikovana različita uputstva za primjenu hladnih mješavina, a oko 10% ukupne godišnje potrošnje asfalta se odnosi na hladne mješavine.
Prvi standardi pojavili su se u Francuskoj 1993.godine (hladna mješavina maksimalnog zrna od 14 mm i dodatak bitumena od 4 do 4,5%).
Bitumenske emulzije (sa dodatkom gume ili materijala sličnih karakteristika) se primjenjuju kod zalivanja pukotina na putevima.
Bitumenske emulzije se mogu primjeniti i kod građenja ili stabilizacije pješačkih staza ili konstrukcija sličnih karakteristika. Na uvaljanu podlogu od kamene sitneži prska se bitumenska emulzija koja se penetrira u mješavinu i nakon razbijanja bitumen se veže za kameni agregat.
Prilikom građenja slojeva za stabilizaciju sa cementnim mješavinama, odnosno prilikom izgradnje betonskih konstrukcija puteva bitumenske emulzije se upotrebljavaju kao zaštitni sloj za prevenciju gubljenja vode.

Hemijski sastav i karakteristike kamenog agregata takođe imaju svoju važnost u procesu primjene bitumenskih emulzija.
Naime, krečnjački kameni agregat, sastava većinom od kalcijeva karbonata, alkalnog (baznog) je karaktera te sa hemijskog stajališta vrlo dobro reagira s anionskim emulzijama.

S druge strane, silikatni kameni agregat (eruptivac) sastava većinom od silikata, kiselog je karaktera te sa hemijskog stajališta vrlo dobro reagira s kationskim emulzijama.

Prednost kationskih emulzija pred anionskim jest u tome što se mogu upotrebljavati i s krečnjačkim kamenim agregatom.

Primjenom polimerom modifikovane bitumenske emulzije u kombinaciji s asfaltnom mješavinom na bazi polimer modifikovanog bitumena postiže se poboljšanje otpornosti kolovoza na trajne deformacije pri višim temperaturama, odnosno na pucanje uslijed zamora materijala pri niskim temperaturama, poboljšava se otpornost na habanje i na starenje.

RAZRIJEĐENI BITUMEN

Razrijeđeni bitumeni su tekući bitumeni koji se dobijaju tako što se bitumenima dodaju naftni razređivači. Bitumenima je tako smanjena viskoznost pa se mogu upotrebljavati na nižoj temperaturi ugradnje. Nanošenjem razrjeđenog bitumena na agregat ili kolovoz dolazi do isparavanja razređivača pa na površini ostaje bitumenski film.

Zavisno od brzine isparavanja, rezrjeđeni bitumeni se dijele na tri vrste:

- Brzo isparljivi, proizvodi se tako da se bitumenu doda razređivač visoke isparljivosti (obično benzin ili nafta) i uglavnom se upotrebljavaju za poboljšanje prionljivosti i površinske obrade,
- srednje brzo isparljivi, dobija se tako da se bitumenu doda razređivač srednje isparljivosti (obično kerozin) i najčešće se upotrebljavaju za prskanja, uskladištenje asfaltne mješavine za popravke te miješanja na putu,
- sporo isparljivi, proizvodi se tako da se bitumenu dodaju ulja niske isparljivosti (dizelsko ili neko drugo plinsko ulje) i upotrebljavaju se za prskanja, uskladištenje asfaltne mješavine i sredstvo protiv prašenja.

Komercijalno su dostupne razne vrste razrijeđenog bitumena (RB 0/1, 10/15, 50/100, 150/250, 400/600 i 800/1400) gdje brojevi označavaju minimalnu kinematičku viskoznost.

Bitumenske emulzije se sve više upotrebljavaju umjesto razrijeđenih bitumena i to iz sljedećih razloga:

1. Propisi o zaštiti okoline. Emulzije praktično ne uzrokuju zagađenje jer sadrže malu količinu isparljivih materija (osim vode) koje se isparavanjem unose u atmosferu
2. Gubitak visoko energetskih proizvoda. Tokom isparavanja razrjeđenog bitumena, razređivači (dosta skupi visokoenergetski proizvodi) gube se ispuštanjem u atmosferu.
3. Sigurnost. Upotreba emulzija je sigurna. Opasnost od požara je mala u poređenju sa razređenim bitumenom koji u nekim slučajevima ima izrazito nisku tačku paljenja.
4. Niža temperatura prilikom ugradnje. U poređenju sa razređenim bitumenom temperature pri kojim se primjenjuje emulzija relativno su niske pa se tako štedi na troškovima goriva. Osim toga, emulzija se može uspješno primjeniti ako je kolovoz vlažan, dok je preduslov za upotrebu razrjeđenog bitumena sasvim suho stanje podloge.